

Cellulosa, carta e cartiere

1. INTRODUZIONE

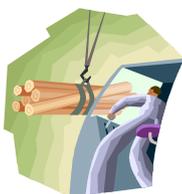


Ogni fase, nel processo della fabbricazione della carta, presenta delle sfide specifiche per la protezione contro la corrosione; aggressioni chimiche, umidità e calore possono essere presenti (da soli o in combinazione tra loro) per cui le apparecchiature e le strutture hanno bisogno di idonei rivestimenti che le proteggano. La scelta del rivestimento protettivo adeguato dovrebbe essere ritenuto egualmente importante quanto la progettazione dello stabilimento e dell'impianto stesso. Il processo produttivo della carta è un processo, tecnicamente complesso ed economicamente costoso, che si sviluppa attraverso numerose fasi complesse. Le numerose materie prime utilizzate sono preparate e/o dissolte con svariati prodotti chimici. La fabbricazione della carta si suddivide in due grandi fasi (preparazione degli impasti e formazione del foglio) alle quali si deve, in molti casi, aggiungere una terza (finitura).

2. MATERIE PRIME CELLULOSICHE

2.1 Legno

Per la fabbricazione della maggior parte della cellulosa e delle paste da carta si adopera il legno dei tronchi di alberi adulti, di aghifoglie (pino, abete, larice, ecc.) e di latifoglie (pioppo, faggio, betulla, eucalipto, ecc.).



2.2 Cellulosa

La cellulosa rappresenta il principale costituente dello scheletro dei tessuti vegetali. È presente allo stato quasi puro nelle fibre di cotone. Si trova anche in alcune forme inferiori della vita vegetale (muschi, alghe, funghi) e in alcuni organismi animali (Tunicati).

2.3 Emicellulose

Quando il legno viene liberato dalle sostanze estraibili e poi dalla lignina, rimane una massa fibrosa bianca formata dalla cellulosa e da altri polisaccaridi. L'insieme viene chiamato olocellulosa e i polisaccaridi diversi dalla cellulosa prendono il nome di poliossi del legno o di emicellulose.

2.4 Altri costituenti dei tessuti vegetali

Nel tessuto vegetale, oltre a un certo numero di sostanze estranee difficilmente estraibili per la loro natura o per una loro localizzazione in zone poco accessibili (silice, sali di calcio, ecc.), sono presenti numerose sostanze estraibili in solventi vari (acqua, etere, alcool, acetone, idrocarburi alifatici e aromatici, cloroderivati organici, ecc.).

La conoscenza della eventuale presenza delle sostanze estraibili e della loro natura è spesso importante per la scelta del processo da applicare all'estrazione della cellulosa e per evitare inconvenienti durante le lavorazioni.

2.5 Lignina

Per una percentuale che varia all'incirca fra il 20 e il 30%, il tessuto vegetale è formato da lignina, che rappresenta il costituente "aromatico" del legno. Si trova concentrata principalmente nella lamella mediana e negli strati più esterni della parete cellulare dove ha funzione cementante fra le cellule e impartisce resistenza e rigidità al tessuto legnoso.

La lignina, essendo una sostanza estremamente difficile da eliminare, necessita di particolari trattamenti che, rendendola solubile, rendono possibile la sua eliminazione in modo da consentire l'ottenimento della cellulosa dai tessuti vegetali:

- le soluzioni di idrossidi alcalini (particolarmente quello di soda caustica) agiscono sulla lignina a elevata temperatura e la degradano a prodotti solubili (alcalilignine);
- le soluzioni di solfiti e di bisolfiti alcalini e alcalino-terrosi solfonano ad alta temperatura la lignina trasformandola in prodotti solubili (ligninsolfonati).

Il cloro agisce sulla lignina secondo tre tipi di reazione:

- sostituzione di atomi di idrogeno legati ad atomi di carbonio alchilici o aromatici;
- addizione ai doppi legami;
- ossidazione.

In seguito al completamento di queste reazioni la lignina diventa facilmente solubile nelle soluzioni alcaline. Un'azione solubilizzante può essere esercitata anche dalla introduzione di nitrogruppi mediante reazione a freddo con acido nitrico.

3. FABBRICAZIONE DELLA CELLULOSA E DELLE PASTE DA CARTA

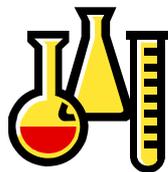
3.1 Pasta meccanica

Si indicano con questo nome i prodotti ottenuti per sfibratura del legno mediante una semplice azione meccanica senza l'impiego di reattivi chimici. I tronchi (tagliati, privati della corteccia e dei nodi di colore scuro) vengono pressati contro una mola abrasiva rotante e immersa parzialmente in una vasca piena d'acqua. Si può preparare pasta meccanica anche da legno sminuzzato adoperando i raffinatori a disco adoperati per la fabbricazione delle paste semichimiche. La pasta meccanica (o pasta legno) viene asportata da una corrente d'acqua, che ha anche lo scopo di raffreddare la mola, pulirla e lubrificarne la superficie; passa attraverso i separaschegge e gli assortitori, che hanno la funzione di eliminare gli elementi più grossolani, e viene quindi addensata e utilizzata. Talvolta viene sbiancata con idrosolfito o con perossidi. Oltre al basso costo, presenta il vantaggio di impartire alla

carta buone caratteristiche di opacità e di stampabilità, ma il suo elevato contenuto di lignina la rende meno «feltrabile» delle paste chimiche e semichimiche e meno stabile all'invecchiamento sotto l'azione della luce e degli agenti atmosferici, per cui le carte prodotte con alte percentuali di pasta meccanica sono caratterizzate da bassa resistenza meccanica e tendono a ingiallire e a deteriorarsi per invecchiamento; viene perciò impiegata per la produzione di carte nelle quali il basso costo rappresenta un requisito essenziale (da giornale, da roto-calco, da quaderni, cartoncini, cartoni, supporti da patinare, ecc.).

3.2 Paste chimiche

Sotto questa denominazione vanno compresi i prodotti ottenuti per suddivisione del tessuto vegetale in fibre singole mediante dissoluzione della lignina operata da reattivi chimici. Le paste chimiche vengono prodotte mediante cottura del legno con adatti prodotti chimici in autoclave e sotto accurato controllo della temperatura, della pressione, della durata della cottura e della composizione del liscivio di cottura. Una certa percentuale di lignina di difficile rimo-



zione resta nelle fibre dopo la cottura (paste gregge); viene eliminata, più o meno completamente, in operazioni successive effettuate dopo la cottura (sbianca) con minore degradazione delle fibre. Il legno viene preparato per la cottura liberandolo dalla corteccia e dai nodi (come per la fabbricazione della pasta meccanica) e passando i tronchi in macchine sminuzzatrici che lo riducono in minuzzoli (chip). I chip vengono caricati nei bollitori e vaporizzati in modo da scacciare l'aria occlusa. Si introduce poi il liscivio e si riscalda con vapore diretto o indiretto sotto pressione secondo un diagramma di cottura predeterminato. Terminata la cottura la pasta cotta impregnata di liscivio viene scaricata, separata dal liscivio, lavata, suddivisa con acqua e passata in sospensione acquosa attraverso separanodi, separaschegge, separasabbia e infine attraverso assortitori costituiti da setacci vibranti o rotanti per eliminare i fascetti di fibre non aperti dalla cottura.

3.2.1 Processi alcalini

I processi alcalini applicati al legno sono quello alla soda e quello al solfato:

3.2.1.1 Processo alla soda

Viene effettuato in autoclavi caricate con il legno scortecciato e sminuzzato e, successivamente, si introduce il liscivio (soluzione di NaOH di concentrazione variabile). La quantità di NaOH messa in gioco si calcola in rapporto al peso secco del vegetale contenuto nel bollitore e varia dal 15% al 25% dello stesso.

La cottura si compie a una temperatura prefissata variabile da 160 a 180°C con una durata di 2÷4 ore. Al termine dell'operazione la massa viene scaricata sotto pressione in un'altra autoclave più grande (diffusore o blow tank) e da questo il liscivio "nero", separato dalle fibre, che passano all'epurazione e poi alla eventuale sbianca, viene avviato alla concentrazione e poi alla combustione in una speciale caldaia.

La combustione delle sostanze organiche contenute nel liscivio fornisce il vapore necessario per la cottura e per la concentrazione del liscivio. Le ceneri, costituite da carbonato di sodio, vengono disciolte in ac-

qua e caustificate per ottenere un liscivio "bianco" che rientra in ciclo.

3.2.1.2 Processo al solfato (fig. 1)

Il nome deriva dal fatto che il solfato sodico è il solo reattivo effettivamente consumato. Nei confronti dell'originario processo alla soda, questo presenta il vantaggio di dare migliori rese in cellulosa e fibre di maggiore resistenza, perché il solfuro presente forma con la lignina dei prodotti solforati più facilmente solubili e, funzionando come una riserva di soda, limita l'attacco sulla cellulosa. Quando si vuole applicare il processo al solfato alla produzione di cellulose di elevato grado di purezza, adatte alla fabbricazione di fibre artificiali o di derivati della cellulosa, la cottura alcalina deve essere preceduta da una fase di idrolisi acida che può compiersi nella stessa autoclave riscaldando il legno in presenza di acqua a 150÷170°C. L'idrolisi viene operata dagli acidi (prevalentemente acetico e formico) che si liberano dal legno in queste condizioni. Per queste applicazioni è necessario che l'apparecchiatura sia costruita in acciai speciali adatti a resistere sia all'attacco acido sia all'attacco alcalino in ambiente riducente.

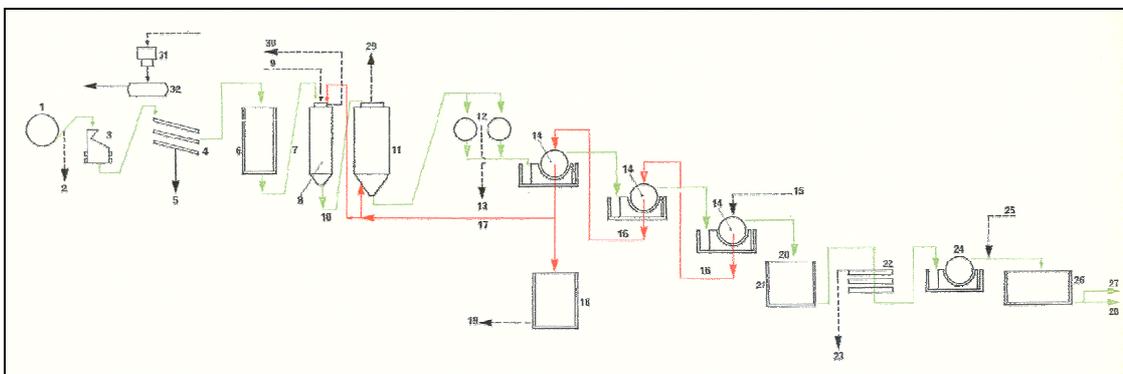


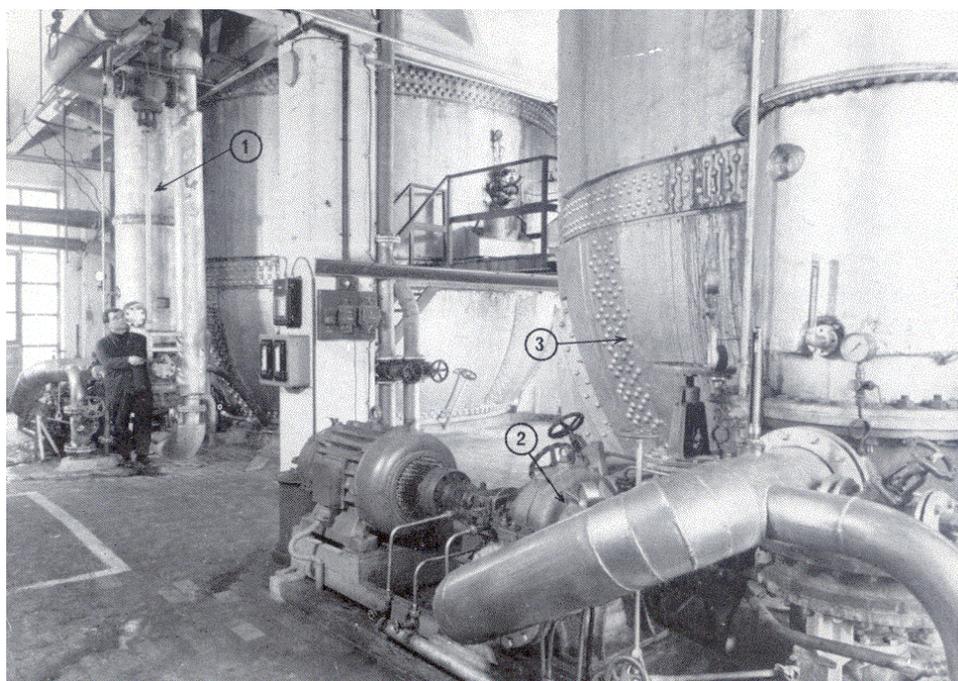
Fig. 1 Schema di impianto per cellulosa al solfato.

Legenda: 1) tamburo scortecciatore; 2) corteccia alla combustione; 3) sminuzzatore; 4) vaglio dei minuzzoli (chip); 5) scarto (alla combustione); 6) silo dei minuzzoli; 7) minuzzoli; 8) bollitore; 9) liscivio; 10) pasta; 11) diffusore; 12) separatori; 13) scarto (ai raffinatori); 14) lavaggio pasta; 15) acqua; 16) liscivio nero; 17) liscivio nero che ritorna in cottura; 18) serbatoio liscivio nero; 19) al processo di recupero; 20) pasta lavata; 21) tina pasta lavata; 22) epuratori; 23) scarti ai raffinatori; 24) addensatore; 25) acqua; 26) tina pasta epurata; 27) alla sbianca; 28) alla cartiera; 29) vapori di scarico (agli scambiatori di calore); 30) vapori di scarico; 31) condensatore; 32) trementina.

3.2.2 Processi acidi

Il liscivio di cottura, nei processi acidi, è costituito da una soluzione di anidride solforosa di concentrazione che può variare dal 4% al 7% a seconda del tipo di cellulosa che si vuol produrre, tamponata con una certa quantità di base alcalino-terrosa o alcalina. Per il suo prezzo più basso, la base più comunemente impiegata è il CaO e in questo caso il liscivio viene preparato con calcare e anidride solforosa. Durante la cottura, che viene effettuata in autoclave a una temperatura di 135÷145°C, la lignina viene solfonata e portata in soluzione come ligninsolfonato della base presente. Dopo la cottura la maggior quantità possibile della SO₂ non consumata viene recuperata dal gas di scarico delle autoclavi. Da alcuni anni, per la necessità di limitare l'inquinamento delle acque, molti impianti al solfito sono completati con un impianto di concentrazio-

ne e combustione del liscivio nero che prima scaricavano in corsi d'acqua o in mare. La tendenza odierna è di sostituire la base calcio con altre basi che danno solfiti e solfati più solubili del calcio (sodio, ammonio, magnesio). Il processo che si va diffondendo con maggior successo è quello al bisolfito di sodio realizzato in modo da regolare il pH del liscivio a livelli diversi durante l'imregnazione (pH 4), durante la cottura (pH 2) ed, eventualmente, a fine cottura (pH 8÷10) iniettando nel liscivio SO₂ oppure una soluzione di NaOH. Per l'economia del processo è necessario recuperare il solfuro di sodio, che si trova nelle ceneri della caldaia, trasformandolo per reazione con CO₂ in Na₂CO₃ e H₂S. Quest'ultimo viene ossidato a SO₂ che viene fatta reagire col carbonato di sodio per riformare il liscivio.



**Fig. 2 Fabbricazione della cellulosa.
Parte inferiore della sala bollitori**

Legenda: 1) scambiatore di calore; 2) pompa di circolazione del liscivio; 3) bollitore.

3.3 Paste chemi-meccaniche e semichimiche

Queste denominazioni comprendono le paste da carta che si ottengono con un processo a due fasi, delle quali la prima consiste in un blando trattamento chimico del vegetale con lo scopo di "ammorbidirlo" indebolendo la coesione fra le fibre e la seconda in un'azione meccanica di sfibratura che lo suddivide nelle singole fibre. Si tratta quindi di procedimenti che sono intermedi fra la fabbricazione della pasta meccanica, nella quale la suddivisione in fibre è affidata completamente all'azione meccanica e la fabbricazione delle paste chimiche, nelle quali l'operazione di suddivisione in fibre è affidata completamente ai reattivi chimici che, per compierla, devono portare in soluzione la quasi totalità dei costituenti non cellullosici. Si ottengono quindi paste da carta con rese fra quelle delle paste meccaniche e quelle delle paste chimiche e che possono variare in modo considerevole a seconda che il compito della sfibratura del legno venga affidata più o meno alla fase chimica o alla fase meccanica del processo. Quando prevale quest'ultima si hanno rese più elevate (paste mecano-chimiche o chemi-meccaniche), quando invece prevale la prima si hanno rese più basse (paste semichimiche), che possono, al loro limite inferiore, avvicinarsi a quelle delle paste chimiche ad alta resa.

3.3.1 Trattamento chimico

Può essere effettuato con gli stessi reattivi impiegati per la produzione delle paste chimiche, limitando l'eliminazione dei componenti non cellullosici dal legno con una diminuzione della concentrazione oppure della temperatura massima e durata di cottura.

I processi più diffusi sono i seguenti :

3.3.1.1 Soda a freddo:

I minuzzoli di legno si impregnano con una soluzione a 20÷75 g/litro di soda caustica e mantenuti a temperatura ambiente o comunque a una temperatura inferiore ai 90°C per una durata che dipende dalla temperatura. Si ottengono paste a resa

molto alta (chemi-meccaniche) di difficile imbianchimento.

3.3.1.2 Solfito neutro o NSSC (Neutral Sulphite Semichemical):

Secondo questo processo, che è il più adoperato per la sua adattabilità a diversi tipi di vegetali e per la sua elasticità, i minuzzoli di legno sono impregnati con un liscivio contenente solfito di sodio addizionato di carbonato di sodio, che ha la funzione di renderlo alcalino all'inizio e di neutralizzare l'acidità che si sviluppa dal legno, e cotti a una temperatura di 165÷185°C. La durata del trattamento dipende dalla temperatura adottata (15' a 185°C corrispondono "grosso modo" a 30'÷45' a 175°C e a 130'÷150' a 165°C).

3.3.1.3 Bisolfito di sodio e di calcio:

È simile al precedente con la differenza che il liscivio adoperato è acido per la presenza di SO₂ libera. In questo caso si può adoperare anche una base tamponante meno costosa come il CaO.

3.3.1.4 Soda e solfato:

I liscivi adoperati sono simili a quelli dei corrispondenti processi adottati per le paste chimiche. La rimozione dei componenti non cellullosici viene ridotta diminuendo il quantitativo di alcali attivo in gioco e operando a temperature più basse o con durate più brevi.

3.3.2 Trattamento meccanico

Dopo il trattamento chimico, i minuzzoli "ammorbiditi" sono introdotti in disintegratori, costituiti da un disco del diametro di circa 90 cm con una superficie sagomata con nervature aventi un particolare disegno, che ruota contro un disco fisso dello stesso tipo oppure, in alcuni casi, da due dischi ambedue rotanti ma in senso inverso. Penetrando dal centro dei dischi e procedendo verso la periferia i minuzzoli sono sottoposti ad una progressiva azione di sfregamento che li apre in fibre singole. Il consumo di energia di queste macchine è tanto più alto quanto più è limitata l'azione chimica.

4. FABBRICAZIONE DELLA CARTA

La carta è costituita da un sottile feltro di fibre depositate da una sospensione acquosa diluita su di una rete molto fitta e consolidato per drenaggio dell'acqua ed essiccamento. Sebbene le operazioni siano di carattere prevalentemente fisico e meccanico, non vanno trascurati gli aspetti chimici e chimico-fisici dei fenomeni che si svolgono e che sono di importanza fondamentale per le proprietà dei fogli.

4.1 Preparazione degli impasti

Ogni tipo di carta richiede l'impiego di paste diverse e quasi sempre di miscele di paste diverse che è necessario disperdere in acqua, dosare e miscelare. Ad esse si aggiungono sostanze varie (cariche, collanti, eventuali colori e ausiliari diversi) richieste dal tipo desiderato. La dispersione acquosa dell'insieme di questi ingredienti prende il nome di impasto.

4.1.1 Spappolatura

Le materie prime fibrose arrivano in cartiera di solito allo stato secco (contenuto di umidità $\approx 12\%$) e in qualche caso in rotoli umidi (umidità $40\div 50\%$). La prima operazione necessaria è quella di spappolarle in acqua mediante apritori idrodinamici (Hydrapulper, Pulpmaster, ecc.) costituiti da grosse vasche nelle quali dei rotori opportunamente sagomati impartiscono alla massa liquida un moto vorticoso molto energico. Si adoperano ancora anche vecchie apparecchiature come molazze, trituratori a pioli, ecc.

4.1.2 Raffinazione

Questa operazione consiste in un'azione meccanica di schiacciamento e di sfregamento delle fibre disperse in acqua ed ha lo scopo di sviluppare le loro proprietà cartarie. L'inizio dei sistemi moderni di raffinazione è stato determinato dall'introduzione in cartiera della pila olandese (Fig. 3) che ha cambiato solo di poco il suo disegno originale ed è adoperata ancora oggi per la raffinazione di impasti destinati alla fabbricazione di certi tipi di carte. Essa è costituita da una vasca in cemento di forma ovale suddivisa internamente da una parete verticale che forma un canale ellittico. Su un lato di esso è disposto un cilindro rotante che porta, parallelamente, all'asse, una serie di lame di acciaio, bronzo o basalto che sfiorano (a una distanza regolabile per spostamento verticale del cilindro) una serie di lame dello stesso tipo fissate sul fondo della vasca (platina). Per rendere continua questa operazione sono stati costruiti e sono largamente adoperati i "raffinatori conici" (Fig. 4), costituiti da un rotore conico che porta una serie di lame simili a quelle delle pile olandesi ruotante in una carcassa, anch'essa conica, nel cui interno è fissata una serie di lame paragonabili a quelle della platina. La distanza fra le lame si regola spostando il rotore lungo il suo asse. A misura che procede la raffinazione aumenta la capacità delle fibre a trattenere l'acqua (la pasta diventa meno scolante e più "grassa") e aumentano i punti di contatto fra le fibre nel feltro. Come conseguenza di questi effetti si verifica, a gradi di raffinazione crescenti, un aumento della uniformità del foglio, della sua densità apparente, della rigidità, della trasparenza e della resistenza alla trazione. All'impasto raffinato si aggiungono vari ingredienti non fibrosi che servono a impartire alle carte le proprietà desiderate.

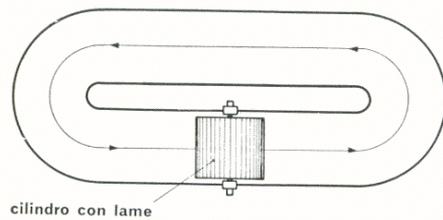


Fig. 3 Pila olandese

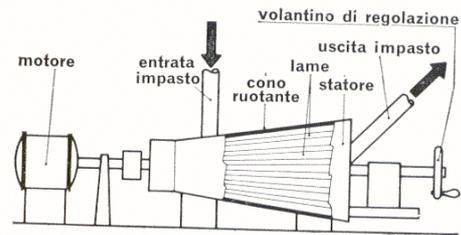


Fig. 4 Raffinatore conico

5. MACCHINE DA CARTA

Possono essere raggruppate in due tipi fondamentali: a tavola piana e a tamburo.

5.1 Macchina continua a tavola piana



In questa macchina (Fig. 5) l'impasto arriva a un serbatoio (tina di macchina) e da questo passa a un dispositivo di alimentazione (cassa di afflusso) costruito in modo da garantire una distribuzione uniforme sulla tela della sospensione fibrosa sotto forma di un getto largo e sottile di

spessore costante e con una velocità regolata in rapporto a quella della macchina. L'uscita della cassa di afflusso è costituita da una fenditura orizzontale regolabile. La velocità di uscita dell'impasto viene regolata dal dislivello fra la sospensione dell'impasto nella cassa d'afflusso e la fenditura di uscita. Nelle moderne macchine molto veloci la cassa d'afflusso è chiusa e il liquido viene spinto sotto pressione. La tela è formata da un tessuto fatto di fili sottili di bronzo fosforoso (da qualche anno vengono adoperati anche fili sintetici resi rigidi e poco deformabili per rivestimenti con resine termoidurenti). Essa è mantenuta in movimento, in ciclo continuo, nella stessa direzione dell'arrivo dell'impasto.

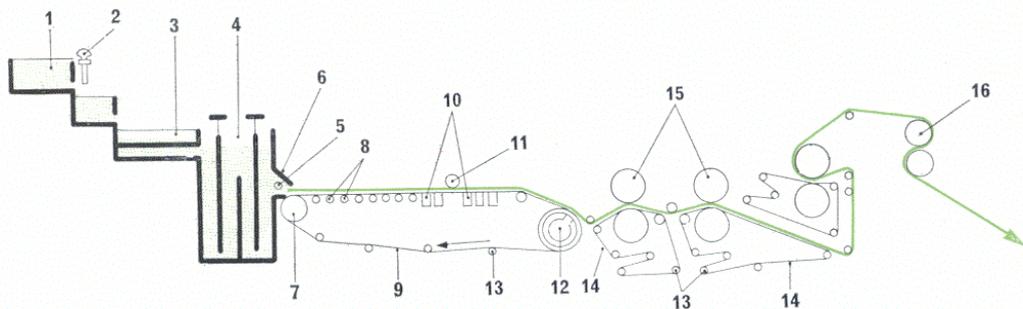


Fig. 5 Parte umida della macchina piana.

Legenda: 1) tina di macchina; 2) diluizione dell'impasto; 3) epuratori piani e cilindrici; 4) cassa d'afflusso; 5) cilindro distributore; 6) becco d'efflusso; 7) cilindro capotela; 8) cilindri sgocciolatori; 9) tela metallica; 10) casse aspiranti; 11) ballerino; 12) cilindro aspirante; 13) rulli tenditori; 14) feltri umidi; 15) presse piane; 16) pressa montante.

Durante la marcia questo perde una parte dell'acqua per drenaggio naturale facilitato dalla presenza di sgocciolatori, costituiti da rullini o da altri dispositivi che sono a contatto con la faccia sottostante della tela e viene ulteriormente disidratato quando la tela, proseguendo la sua marcia, passa su di una serie di casse aspiranti. In corrispondenza alle casse aspiranti poggia leggermente sulla tela un cilindro (ballerino) costituito da uno scheletro metallico ricoperto da una rete metallica. Questo aumenta la liscatura e spesso viene usato per filigranare, cioè per lasciare sul foglio umido l'impronta di disegno o di righe formate da fili in rilievo cuciti o saldati sulla sua superficie (filigrana). Alla fine del percorso in piano la tela e il foglio supportato da essa passano su di un cilindro munito di mantello forato, che porta nell'interno una specie di cassa aspirante che crea una zona di aspirazione (cilindro aspirante). Un cilindro rivestito di materiale morbido (di solito un feltro di lana senza cuciture), premuto contro il ci-

lindro aspirante, stacca il foglio dalla tela e questa, girando intorno al cilindro aspirante (che è quello che la mantiene in movimento), ritorna indietro passando sotto la tavola piana per ritornare sul cilindro capotela. In questo percorso passa sui rulli tenditori e viene lavata da getti d'acqua. Il foglio umido viene preso da un feltro che lo sostiene e lo accompagna sotto una serie di 2 o 3 presse (presse piane) che, oltre ad asportare altra acqua, lo rendono più liscio e compatto. All'uscita dell'ultima pressa il foglio, che contiene ancora 65÷75% di acqua, supportato e accompagnato da un altro feltro (di lana, di cotone o di fibre sintetiche) entra nella seccheria (Fig. 6), formata da una serie di cilindri rotanti riscaldati a vapore disposti in modo che la carta venga a contatto con essi alternativamente sulle due facce ricoprendo la maggior parte possibile della loro superficie. Le Figg. 7 e 8 mostrano una macchina continua a tavola piana.

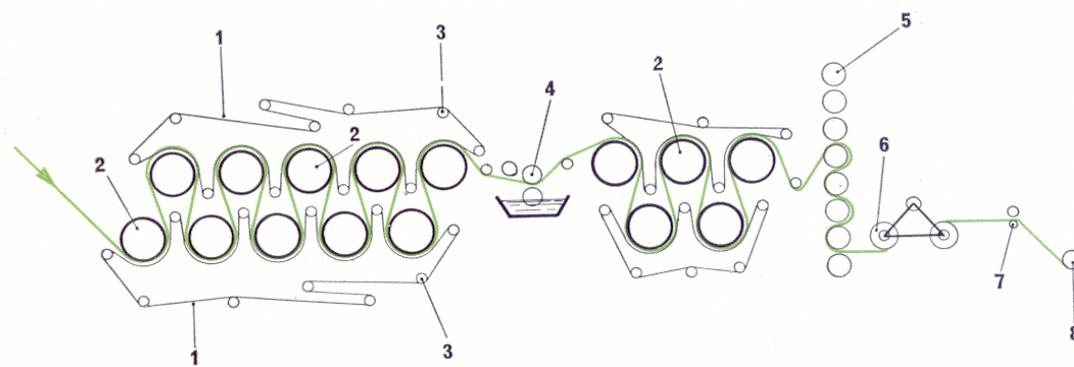
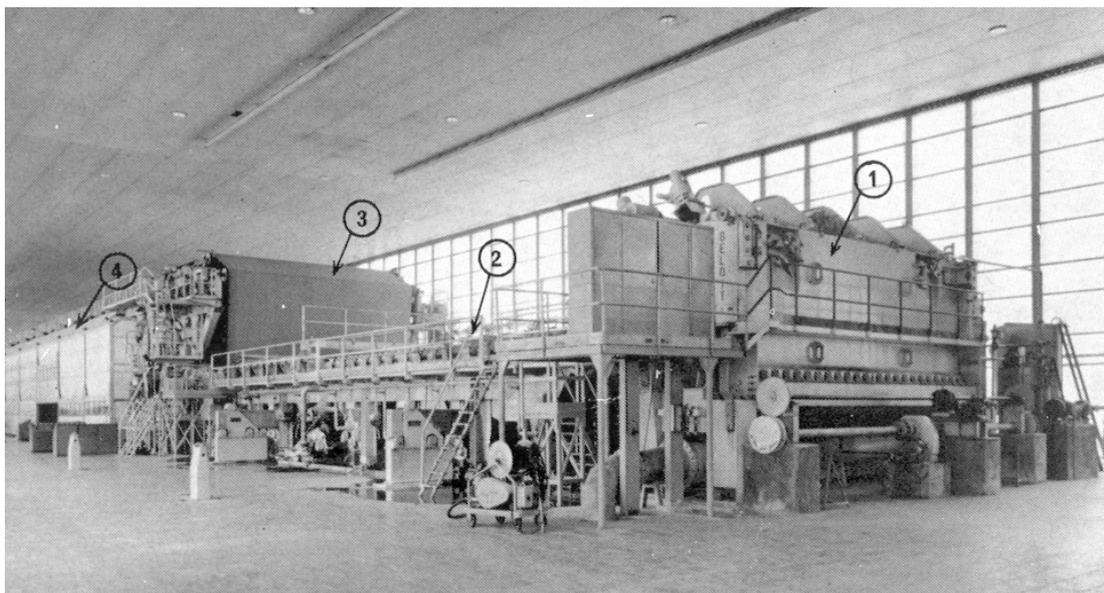


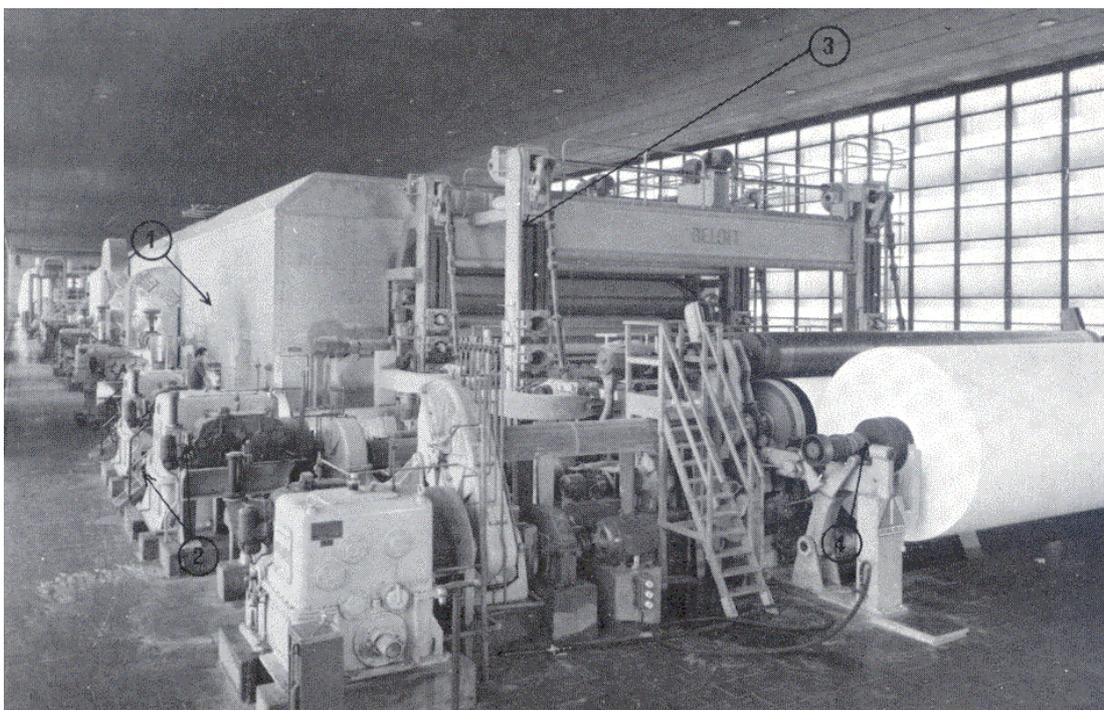
Fig. 6 Seccheria continua.

Legenda: 1) feltri essiccatori; 2) cilindri essiccatori; 3) rulli tenditori; 4) pressa collante; 5) liscia di macchina; 6) arrotolatore; 7) taglierina longitudinale; 8) ribobinatore.



**Fig. 7 Fabbricazione della carta.
Macchina continua a tavola piana vista dalla parte umida**

Legenda: 1) cassa d'afflusso; 2) tavola piana; 3) sezione presse; 4) seccheria.



**Fig. 8 Fabbricazione della carta.
La stessa macchina della Fig. 7, vista dalla parte finale.**

Legenda: 1) seccheria; 2) comando; 3) "lisce"; 4) arrotolatore.

5.2 Macchina a tamburo

Detta anche macchina in tondo, essa differisce dalla precedente nella parte umida e cioè nella formazione del foglio. In testa alla macchina (Fig. 9), invece della rete in movimento, c'è un cilindro rivestito da una rete di bronzo fosforoso (tamburo creatore) parzialmente immerso in una vasca, alimentata con l'impasto diluito, e ruotante in essa. Durante la rotazione l'acqua passa attraverso la rete e lascia depositato su di essa uno strato di fibre che viene trasferito su di un feltro mantenuto in movimento e che tocca la parte superiore del tamburo creatore.

Le macchine in tondo possono avere anche più di un cilindro formatore e in questo caso le casse possono essere alimentate con impasti diversi e servono per la formazione di carta e soprattutto di cartoni formati di più strati nei quali l'aspetto è determinato solo dalla natura degli strati esterni.

Vi sono anche macchine combinate, che sono costituite da una o più tavole piane (fino a 3) e tamburi formatori. La tavola piana serve a formare gli strati esterni del foglio.

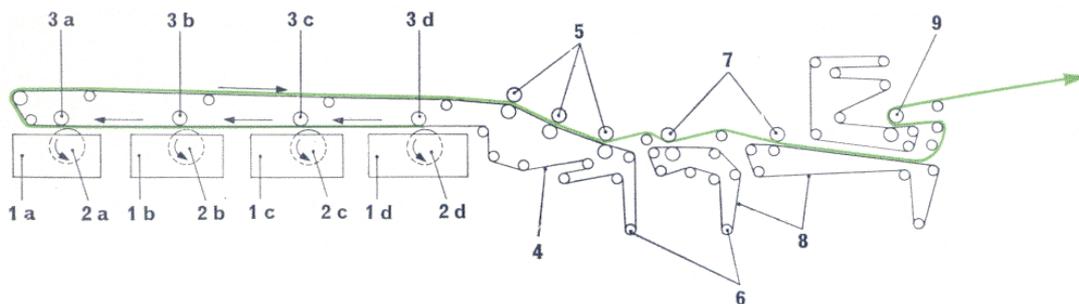


Fig. 9 Parte umida della macchina a tamburo.

Legenda: 1a-d) casse; 2a-d) tamburi creatori; 3a-d) cilindri ponitori; 4) feltro prenditore; 5) pressette piane; 6) rulli tenditori; 7) presse piane; 8) feltri umidi; 9) pressa montante.

5.3 Finitura

Le macchine per la fabbricazione della carta sono corredate da organi sussidiari che possono essere installati a seconda del tipo di produzione cui sono destinate. Fra questi vanno ricordati il cilindro monolucido (di grande diametro e con superficie speculare), la liscia di macchina, la calandra, che servono a impartire al foglio caratteristiche di lisciatura e di lucentezza.

In alcune macchine, a 2/3 della seccheria, è montata la pressa collante che serve a effettuare la collatura in superficie o a spalmare (Fig. 6) sulla carta, durante la fabbricazione, alcune sostanze che ne modificano le proprietà superficiali. Si possono anche interporre a 2/3 circa della seccheria dei dispositivi che permettono di effettuare la patinatura in macchina con ingredienti simili a quelli adoperati per la patinatura fuori macchina.

6. SISTEMI PROTETTIVI

Ogni fase, nel processo della fabbricazione della carta, presenta delle sfide specifiche per la protezione contro la corrosione; aggressioni chimiche, umidità e calore (presenti da soli o in combinazione tra loro), incremento della domanda alla resistenza alla corrosione, lunghi intervalli nella manutenzione e richiesta per il miglioramento dell'aspetto, hanno tutte guidato il cambiamento della scelta dei materiali protettivi per questi macchinari e il trattamento superficiale dei loro componenti. La scelta del rivestimento protettivo adeguato dovrebbe essere ritenuto egualmente importante quanto la progettazione dello stabilimento e dell'impianto stesso.

Per meglio identificare le soluzioni è bene suddividere la cartiera in due categorie: macchine (strutture in metallo) e strutture in calcestruzzo.

6.1 Macchina

Prima della discussione circa l'uso di trattamenti protettivi sulle moderne macchine per la fabbricazione della carta, è utile ricordare le parti della macchina e l'ambiente corrosivo in cui si trovano. Le condizioni corrosive sono molto varie. Alcune parti, come la guida piana, strutture e tela meccanica sono esposte a sollecitazione corrosiva solo su un lato mentre fasci tubieri, le casse e la tina di macchina sono sollecitati da entrambi i lati. Una schematizzazione di una tipica macchina per fabbricazione della carta è mostrata in Fig. 7 e in Fig. 8 e una breve descrizione delle principali tipologie di aggressioni, in funzione delle sezioni, è data di seguito.

6.1.1 Sezione umida

I tubi di circolazione breve, le casse e gli equipaggiamenti di pulizia sono nel basamento e a livello della macchina, parte dentro e parte all'esterno dell'area occupata dalla macchina stessa. Il maggior grado di corrosione si trova sulla parte interna della superficie di questi particolari e la severità è determinata dalla qualità della materia prima e del processo dell'acqua. Un altro fattore aggiuntivo per la corrosione è la sporcizia che si accumula sulle superfici di flus-

so e l'azione microbiologica nella sporcizia. Le superfici di flusso nella cassa di testa vengono in contatto con i fanghi della materia prima diluita. Lo stress corrosivo è simile a quello dei materiali nei tubi della circolazione breve. Le superfici esterne della cassa sono parzialmente ricoperte da acqua di circolazione spruzzata dalla sezione a filo metallico quanto da soluzioni di materie prime, che risultano in sporcizia raccolta sulla superficie. La corrosione della sezione della tela meccanica è simile alle condizioni dentro la circolazione breve e alla cassa d'afflusso. Le condizioni di corrosione nella sezione della pressa piana sono varie: certe parti vengono bagnate dagli spruzzi di acqua di circolazione e sono esposte alla sporcizia delle ondate di materie prime; la cassa di vapore e la pioggia d'acqua calda causano condensa sulla superficie.

6.1.2 Sezione secca

Le strutture della sezione secca sono soggette ad umidità calda. La temperatura varia da 50 a 100°C e l'umidità relativa è molto vicina al punto di condensazione (punto di rugiada). La carta cede acido formico ed acetico, la resina è distillata dal vapore dell'acqua, vapore dai bollitori e peluria della carta sono i fattori ambientali prevalenti nella parte secca. Nella pressa incollatrice, la parte calda (50-60°C) è collocata sulla superficie della carta. La colla viene convogliata dentro l'intelaiatura ed esercita una tensione sulla superficie essiccando. L'ambiente corrosivo della parte finale della macchina è normalmente ritenuta non forte, tuttavia, ci possono essere infiltrazioni di vapore e acqua dalla calandra, ma è di norma secco intorno ai rulli.

6.1.3 Sezione impasto e acqua di processo

L'impasto e l'acqua di processo contengono varie sostanze chimiche che accelerano la corrosione. Queste includono ioni di cloro (CL-) che causano pitting sulle superfici di acciaio inox ed accelerano la corrosione della struttura in acciaio al carbonio ed in ghisa gli ioni di solfato (SO₄⁻) causano la corrosione dell'acciaio al carbonio e della ghisa ma possono in alcuni casi inibire l'attacco, da parte degli ioni cloro, all'acciaio inox. Il valore del pH della sezione umida varia da 2 a 9, a seconda del processo e del tipo di carta prodotto. Durante le condi-

zioni anaerobiche, la dithionite impiegata per sbiancare la pasta meccanica (materia prima dell'impasto) forma degli idrosolfiti e solfiti come prodotti secondari della reazione di "sbianca". Questi composti chimici sono dei riduttori che possono corrodere l'acciaio inox. La dithionite dovrà essere totalmente eliminata nel processo di sbiancamento ma una piccola quantità resta generalmente sulla macchina e nella sezione della circolazione breve. La pasta meccanica introduce certi acidi organici, come l'acido formico e l'acido acetico, nell'acqua di circolazione. In una fabbrica integrata a circuito chiuso i mal funzionamenti possono dare per risultato una maggiore quantità, nell'acqua di produzione di prodotti chimici di "cottura" e sbiancaggio rispetto a quella abituale. L'acqua di circolazione contiene piccole quantità di prodotti dissolti a dispersi dall'impasto degradato, dei prodotti di reazione formati durante la "cottura" e sbiancamento, elementi di resine e prodotti chimici impiegati durante la fabbricazione della carta. Questi includono allume, agenti di ritenzione, collante dell'impasto e collante superficiale (resina, amido, gomma) agenti antischiuma, riempitivi, coloranti, dispersivi, antisedimentanti e regolatori di pH. I contenuti chimici dell'acqua di circolazione, l'attività microbiologica, la temperatura e corrosività dipendono dal tipo di carta che si produce dalle caratteristiche particolari dal procedimento di fabbricazione e dal tenore di prodotti chimici presenti nel sistema. Nei vecchi impianti si usavano più di 50 m³ d'acqua di alimentazione per produrre una tonnellata di carta; una moderna cartiera a circuito chiuso può produrre attualmente la stessa quantità di carta con 5-10 m³ di acqua. Il tenore di prodotti chimici presenti nell'acqua di circolazione è più elevato quanto più il sistema è a circuito chiuso.

A causa della natura corrosiva del procedimento e della variabilità dei parametri descritti prima, cambiano i materiali usati nella costruzione delle macchine e della finitura delle loro superfici.

Gli acciai al carbonio ed i particolari in ghisa della sezione umida che esigono un trattamento superficiale si sono posizionati principalmente prima della tavola piana. La restante parte della sezione umida è costituita principalmente in acciaio inox o acciaio resistente agli acidi. Comunque sia, il princi-

pale uso di rivestimenti protettivi è oggi giorno nella sezione secca.

6.1.4 Finiture superficiali

Unitamente ad altre qualità le finiture della superficie devono avere le seguenti caratteristiche: buona protezione alla corrosione delle differenti parti della macchina, resistenza ad abrasione meccanica, possibilità di applicazione in cantiere, facilità di pulizia e ritenzione della tinta.

La scelta di un ciclo di pitturazione si basa sulle conoscenze delle proprietà della macchina e sui risultati delle prove; tradizionalmente le pitture epossidiche a due componenti con induritore poliammidico erano quelle usate per questi macchinari ed i sistemi raccomandati erano quelli esposti in Tav. 1.

La messa a punto di sistemi alternativi per la protezione delle macchine comincia a metà 1980; l'obiettivo era quello di estendere l'intervallo di manutenzione ed accelerare la produzione delle fabbriche dei macchinari. I test effettuati con pitture a due componenti pigmentate con alluminio (comunemente riconosciute come pitture bituminose) hanno dato buoni risultati sia in laboratorio sia in opera.

Il sistema con le prestazioni migliori è risultato essere composto da un primer epossiamminico modificato (mastic primer) con finiture epossipoliamminiche o poliuretano-acriliche.

Il poliuretano di finitura ha una ritenzione di tinta e lucidità migliore dell'eossidico in tutti i test e presenta una minore quantità di sporco sulla propria superficie. I sistemi con primer epossipoliamminidico o primer epossidici zinc-rich e una finitura epossipoliammidica hanno dato buoni risultati nelle prove di laboratorio e nella sezione umida ma presentavano fessurazioni della finitura nei pannelli posizionati nella sezione secca. Negli ultimi quattro anni il sistema epossidico bituminoso (epoxy-mastic) è stato applicato su diversi nuovi macchinari e sono state fatte anche alcune manutenzioni sempre con lo stesso metodo. Le caratteristiche di resistenza chimica e di protezione anticorrosiva di questi sistemi sono state attive sia nella sezione umida che in quella secca. In futuro ci si può attendere che l'impiego di pitture sulle macchine per la produzione di carta privilegi l'aspetto ecologico per questa ragione sono già state avviate delle prove

con prodotti verniciati all'acqua. Nella manutenzione, finché le macchine saranno progettate per la lavorazione in continuo, saranno richiesti trattamenti protettivi a rapida essiccazione per poter ridurre i tempi di fermata dei macchinari.

A seguito di questi test i nuovi rivestimenti consigliati per le macchine per la produzione della carta sono quelli riportati in Tav. 2.

Tav. 1 - Vecchia metodologia di protezione

SISTEMA PROTETTIVO	Num. mani	Spessore film secco per mano (µm)
Sezione umida		
Primer epossipoliamminico	1	50
Intermedio epossipoliamminico	1	90
Finitura epossipoliamminica	2	40
TOTALE	4	220
Sezione secca		
Primer epossipoliamminico	2	50
Finitura epossipoliamminica	1	40
TOTALE	3	140

Tav. 2 - Nuova metodologia di protezione

SISTEMA PROTETTIVO	Num. mani	Spessore film secco per mano (µm)
Sezione umida		
Pittura epossiammino bituminosa	2	100
Acilpoliuretano	1	40
TOTALE	3	240
Sezione secca		
Pittura epossiammino bituminosa	1	100
Acilpoliuretano	1	40
TOTALE	2	140

6.2 Strutture in calcestruzzo

Sostanzialmente, in una cartiera, si possono identificare quattro aree in cui è importante prevedere una accurata protezione del calcestruzzo: zona di preparazione della materia prima; zona macchina, zona di finitura e depositi, .

6.2.1 Zona di preparazione della materia prima.

Come è già stato ampiamente trattato nei capitoli riguardanti la fabbricazione delle materie prime necessarie alla fabbricazione della carta, in questa zona si utilizzano prodotti chimici estremamente aggressivi, di conseguenza, il pavimento nella zona di lavoro del raffinatore deve essere protetto con i rivestimenti altamente resistenti per impedire la distruzione del pavimento stesso. Lo stoccaggio delle materie prime (ed i

serbatoi dei materiali per la preparazione delle stesse) sono generalmente all'interno di strutture di contenimento secondarie; in caso di fuoriuscita (spandimenti) del contenuto le strutture di contenimento devono sopportare il contatto con i versamenti (per un tempo medio-breve) e garantire che questi non si riversino nel terreno circostante. I sistemi vinilestere ed epossifenolico sono quelli più usati.

Nel caso di esposizione ad agenti chimici ossidanti (es. perossido di idrogeno) è suggerito l'utilizzo di sistemi vinilesteri rinforzati con fibre di vetro; i sistemi epossidici senza solvente sono usati per contatto con acidi, alcali e agenti tesiottavi deboli; l'interno serbatoi è normalmente ricoperto con prodotti a base fenolica, epossidica, epossidica senza solvente, poliuretanic in funzione del prodotto chimico contenuto, della concentrazione e della temperatura.

6.2.2 Zona macchina

Questa zona della cartiera comprende le sezioni umide e secche della macchina. La pavimentazione di questa zona deve avere caratteristiche antisdrucchiolo ed antipolvere (facilmente pulibili); queste due caratteristiche, contraddittorie, possono essere rispettate entrambe progettando opportunamente dei canali di raccolta dei liquidi di fuoriuscita attorno alla macchina. Il tratto di pavimento attorno alla macchina, fino ai canali di scolo, potrà essere protetto con prodotti anti-sdrucchiolo (ruvidi), mentre tutto il resto del pavimento potrà essere liscio e facilmente pulibile.

Nella zona secca della macchina, il pavimento, deve resistere all'esposizione continua alla temperatura (50 °C) e deve resistere a forti sollecitazioni meccaniche (specialmente nei periodi di manutenzione quando i componenti della macchina stessa vengono posizionati in loco da gru meccaniche).

6.2.3 Zona di finitura e depositi

La zona di finitura è identificata nella fase finale del processo; qui la carta appena fatta è avvolta attorno ad un rullo (che può pesare fino a 20 tonnellate).

Il rullo di carta, per essere tagliato nella larghezza voluta, deve essere portato ad una taglierina; il trasporto avviene, normalmente, a mezzo gru a ponte. In questa zona il

pavimento viene ricoperto con lo stesso sistema della zona secca per uniformità. Dopo che i rulli sono stati tagliati alla larghezza voluta sono trasportati in deposito da carrelli elevatori a forche; a causa del traffico pesante vengono utilizzati rivestimenti a base epossidica, epossidica senza solvente o poliuretanic. Nel deposito, nelle zone di stoccaggio, sono normalmente utilizzati prodotti "antispolvero", per impedire al pavimento di rilasciare la classica polvere di cemento che sporcherebbe la carta.

6.2.4 Locali apparati accessori

In questi locali (per es. centrale generatori, centrale distribuzione acque, ecc.) sono utilizzati rivestimenti sigillanti (per evitare danni derivanti dalla polvere) e resistenti all'olio (per evitare aggressioni chimiche al calcestruzzo). Lo spessore del rivestimento, viste le scarse sollecitazioni meccaniche a cui sono sottoposte queste zone, è normalmente basso; generalmente si utilizzano bicomponenti idrodiliabili a base epossidica.

6.3 Preparazione supporto e pretrattamento

Indipendentemente dal rivestimento che verrà applicato, bisogna porre estrema attenzione alla preparazione della superficie ed al suo pretrattamento.

L'asportazione della patina superficiale del calcestruzzo del calcestruzzo crea una superficie porosa (pori, soffiature, ecc.) che deve essere sigillata ed uniformata per essere idonea a ricevere il successivo strato di rivestimento protettivo. L'azione di livellamento può essere eseguita con malte a base cementizia o epossidica; per essere sicuri che le malte utilizzate siano compatibili con il rivestimento è opportuno fare delle prove pratiche di compatibilità.

6.4 Strutture metalliche

Le strutture metalliche di una cartiera sono generalmente limitate a: strutture zona tetto, gru a ponte e rotaie delle stesse, macchina. La sezione della macchina è già stata trattata alla sezione 6.1.

6.4.1 Strutture zona tetto

La costruzione del tetto in acciaio è usata generalmente quando l'isolamento non è necessario per i motivi climatici e/o dove le misure di protezione contro l'incendio lo permettono. In questi casi si presuppone che le sollecitazioni termiche e la condensa siano le condizioni da contrastare. A queste strutture si può assegnare una categoria di aggressività pari a C5-I (secondo DIN EN ISO 12944-2). Secondo il livello di resistenza voluto, gli spessori applicati si stimano fra 200 e 320 micrometri. Un buono compromesso per le strutture zona tetto è il seguente sistema:

- zincante epossidico (40 μm);
- intermedio epossidico (120 μm);
- primer epossidico al fosfato di zinco (80 μm - per protezione spigoli)
- finitura poliuretano acrilica (80 μm)

Tutte le restanti parti metalliche delle strutture possono essere protette con questo sistema.

6.4.2 Gru a ponte e rotaie delle stesse

Queste strutture non sono soggette all'umidità come le altre strutture zona tetto per cui possono assumere la categoria di aggressività C3 (secondo DIN EN ISO 12944-2). Un appropriato sistema protettivo può essere:

- primer epossidico al fosfato di zinco (80 μm)
- finitura poliuretano acrilica (80 μm)

7. BIBLIOGRAFIA

- Zuccheri Cellulosa Fermentazioni - Zanichelli (F. Parisi - G. Centola: Cellulosa e carta)
- PCE Protective Coatings Europe (L. Tuisku: Painting paper machine to meet today's standards)
- PCE Protective Coatings Europe (D. Ubelhor - C. Dziekan: Using coatings to protect paper plant)